

## High-capacity transport system - uses repelling and attracting reactive force in tubes at reduced pressure

Veröffentlichungsnummer DE4106231  
Veröffentlichungsdatum: 1991-09-12  
Erfinder RETTIG REINHARD [DE]  
Anmelder: RETTIG REINHARD [DE]  
Klassifikation:  
- Internationale: B61B1/00; B61B13/08; E01B25/00  
- Europäische: B61B13/08; E01B26/00  
Anmeldenummer: DE19914106231 19910225  
Prioritätsnummer(n): DE19914106231 19910225

### Zusammenfassung von DE4106231

The high-capacity goods and passenger transport system uses repelling and attracting reactive forces in tubes at reduced pressure. It incorporates vehicles travelling in the tubes between stations with pivoting and sliding points, lock gates, etc., the clearance between vehicles and tube walls (1) being controlled. ADVANTAGE - Long life and requires little maintenance.

Daten sind von der [esp@cenet](mailto:esp@cenet) Datenbank verfügbar - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 06 231 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 61 B 13/08**  
B 61 B 1/00  
E 01 B 25/00

⑳ Aktenzeichen: P 41 06 231.0  
㉔ Anmeldetag: 25. 2. 91  
㉕ Offenlegungstag: 12. 9. 91

DE 41 06 231 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

㉚ Anmelder:  
Rettig, Reinhard, 4400 Münster, DE

㉚ Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Darstellung eines hochflexiblen Hochleistungs-Transportsystem für Personen und Güter auf der Basis abstoßender und anziehender Reaktionskräfte in druckreduzierten Röhrenfahrwegen mit Terminals

⑤⑦ Bei dem Transportsystem handelt es sich um ein Baukastensystem, bestehend aus Einzelfahrzeugen, druckreduziertem Röhrenfahrweg, starren Abbiegeweichen, Abfertigungsterminals mit Schnittstelle Fahrzeug - Außenraum sowie einer effektiven Fahrzeugführung.  
Bedingt durch die einseitige Spaltregelung des Fahrzeugs können unter druckreduzierten Bedingungen starre Abbiegeweichen realisiert werden. Das führt zu einer effektiven Fahrzeugführung und dezentralen Hauptenergieversorgung der Fahrzeuge auf den Beschleunigungsstrecken. Zugverbände von mehreren hundert Einzelfahrzeugen in Abständen von wenigen Minuten sind dadurch im Normalbetrieb möglich. Dabei kommt es zu einer permanenten Neubildung des Zugverbandes während der Fahrt. Beim Gütertransport ergibt sich somit eine direkte Verbindung zwischen zwei beliebigen angeschlossenen Terminals. Bei Personenzugfahrzeugen ergibt der Betrieb mit Einzelfahrzeugen unterschiedlicher Länge und Kapazität eine sehr hohe Flexibilität des Systems, vergleichbar der von Bussen unterschiedlicher Größe. Ein flächendeckender Systemaufbau regionalisiert den Oberflächenfernverkehr bei einem minimalen Energie- und Wartungsaufwand. Ein vollausgebautes System verbindet die Geschwindigkeit des Flugzeugs mit der Flexibilität des LKW bei einem Energieverbrauch in der Nähe des theoretischen Minimums.  
Da das System für einen unterirdischen vollautomatischen Betriebsablauf von Terminal zu Terminal konzipiert ist, ergeben sich nach Inbetriebnahme des Systems ...

DE 41 06 231 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft die Darstellung eines Verkehrssystems für Personen und Güter auf der Basis abstoßender und anziehender Reaktionskräfte in druckreduzierten Röhren. Ich möchte hier die einzelnen Teile des Verkehrskonzeptes darstellen. Das neue Konzept bedingt neue Lösungsansätze, die zu einem gänzlich anderen Aufbau des Gesamtsystems im Vergleich zu momentan existierenden Systemen führen. Der prinzipielle baukastenartige Aufbau, der nun folgt, ergibt sich auch aus der zu erwartenden extremen Langlebigkeit und Wartungsarmut des Gesamtsystems.

## 1) Fahrzeugaufbau

Transportmittel sind Schwebefahrzeuge, die nach den Gesichtspunkten eines sich im Vakuum bewegenden Fahrzeugs konzipiert sind. Darum brauchen keine aerodynamischen Bedingungen bei der Formgebung berücksichtigt zu werden. Der Innenraum muß nur vollständig nach außen abgeschlossen sein. Ähnliche Konstruktionen sind aus der Luft- und Raumfahrt seit langem bekannt. Das Fahrzeug besteht zweckmäßigerweise aus dem Basisfahrzeug und einem eingeschobenen Modul, das an die unterschiedlichen Transportaufgaben optimal angepaßt werden kann. Hierbei sind die Formgebung und Anordnung der Einzelkomponenten, sowie die jeweiligen Leistungsanforderungen von den Optimierungsbedingungen bei der Realisierung abhängig. Über dem Unterbau des Basisfahrzeugs mit dem Versorgungsteil, den Rädern oder Kufen und den Antriebs- und Führungsfunktionen wölbt sich die Außenhülle des Fahrzeugs. Das Fahrzeug ist beidseitig durch abnehmbare Deckel nach außen abgeschlossen um eine Beschickung durch Einsatzmodule zuzulassen. In den beiden Deckeln des Fahrzeugs befinden sich die Schnittstellen Fahrzeug-Außenraum. Eine mögliche Realisierung dieser Schnittstelle wird weiter unten dargestellt. Die Basisfahrzeuge sind also nur trag-, führ- und fahrfähige Hüllen mit den benötigten Grundversorgungseinrichtungen im Unterbau. Alle Fahrzeuge sind gleich aufgebaut und unterscheiden sich nur in der Länge voneinander.

## 1.1 Schwebetechnik

Das Schweben des Fahrzeugs wird durch abstoßenden Reaktionskräfte erreicht. Das kann z. B. durch das elektrodynamische Schwebeprinzip bewirkt werden.

## 1.2 Antriebstechnik

Das Fahrzeug ist mit einem fahrwegsseitigen Langstator- und fahrzeugseitigen Kurzstatorlinearmotor ausgerüstet.

## 1.3 Führttechnik

Das Führsystem des Fahrzeugs hat die Aufgabe, die Fahrzeugbewegung so zu steuern, daß ein berührungsfreies Schweben des Fahrzeugs auf dem Fahrweg erreicht wird. Das Führsystem des Fahrzeugs besteht hier aus einer Kombination von abstoßenden und anziehenden Reaktionskräften auf beiden Seiten des Fahrzeugs. Werden diese Reaktionskräfte einseitig eingesetzt, entsteht in Verbindung mit den entsprechenden Reaktionsteilen an der jeweiligen Seitenwand eine Art Potential-

mulde, deren Tiefe und Breite durch die Realisierungsbedingungen bestimmt wird. Bewegt sich das Fahrzeug, können beispielsweise nichtgeregelte abstoßende Reaktionskräfte seitlich angebrachter supraleitender Magnete überlagert werden mit der direkt über die Spaltbreite geregelten anziehenden elektromagnetischen Kraftwirkung geregelter Magnete. Dadurch kann unter druckreduzierten Bedingungen eine sichere einseitige Spaltregelung der Fahrzeugbewegung erfolgen, weil dann bei einer bestimmten Geschwindigkeit des Fahrzeugs sämtliche für die Bewegung des Fahrzeugs relevanten Parameter in erster Näherung konstant gehalten werden können. Dabei ist die Schwankungsbreite der beteiligten Parametergrößen direkt abhängig vom vorhandenen Druck in der Röhre.

Durch diese Kombination ist es möglich, eine einfachere Weichenkonstruktion, als die zur Zeit vorhandenen, zu realisieren; Weichen, die ein ähnliches Auf- und Abfahren eines Röhrenfahrweges durch ein Schwebefahrzeug ermöglichen, wie sie auf Autobahnen üblich sind. Durch die einseitige Spaltregelung kann das Fahrzeug jeweils an einer Seite der Röhre im Normalbetrieb einen definierten Abstand — ca. 1 cm — von einer Röhrenseite einhalten. Zur Erhöhung der Abbiegesicherheit kann im Abbiegebereich eine Art Führvorrichtung an jeder Seite des Fahrwegs angebracht werden. In ihr gleiten im Normalbetrieb berührungsfrei eine oder mehrere Vorrichtungen, z. B. zwei vorne und hinten am Fahrzeug angebrachte, in vertikaler Richtung und quer zur Bewegungsrichtung bewegliche Führstangen. Kommt es zu einem Ausfall der normalen Führfunktion im Abbiegebereich, wird das Fahrzeug wie auf Schienen immer in die definierte Richtung gezwungen. Die Führschienen und die Führstangen können dabei für den Notfall mit einer hochgleitfähigen Oberfläche versehen werden. Bild 1 zeigt an einem Beispiel den möglichen Aufbau eines Fahrzeugs mit einseitiger Spaltregelung und Zwangsführvorrichtung.

## 2. Schnittstelle Fahrzeug-Außenraum

Wie kann man sich nun das Betreten oder Beschicken der Fahrzeuge konkret vorstellen. Der Vorgang muß technisch beherrschbar, also narrensicher sein, und nach einer Optimierungsphase minimale Wartungs- und Betriebskosten erfordern. Zum anderen muß das Öffnen und Schließen der Tore mit genügender Schnelligkeit durchzuführen sein.

Es ist möglich, die Außenseite der Fahrzeugdeckel und die Innenseite der Außenschleusen, mit ihren jeweiligen integrierten Schleusentoren, so zu formen, daß bei einem Aufeinanderlegen der beiden Teile der dazwischenliegende Raum möglichst klein gehalten wird. Ein Fahrzeug gleitet dann zu einer Außenschleuse. Vorrichtungen pressen den Deckel der Fahrzeugvorderseite gegen das Innere der Außenschleuse. Am Fahrzeug oder an der Außenschleuse angebrachtes Dichtungsmaterial trennt nun einen Raumteil zwischen Außenschleuse und Fahrzeugdeckel hermetisch ab. Durch das Öffnen eines Ventils in der Außenschleuse wird der Raum zwischen Außenschleuse und Fahrzeugdeckel auf Normaldruck gebracht. Im Vakuum neben dem Fahrzeug angebrachte Instrumente kontrollieren jede Druckveränderung. Bei einem eventuellen Druckanstieg im Röhrenbereich wird das Fluten des Zwischenraums sofort beendet. Die Luft wird abgepumpt und das Andockmanöver wiederholt. Sollte auch diesmal der Versuch fehlschlagen, trennt ein zweites Schleusentor innerhalb der Röhre das

Fahrzeug vom dahinterliegenden Röhrensystem. Die Schleusenkammer wird geflutet und nach Öffnen der Außenschleuse kann die Dichtung repariert werden. Im Normalfall kommt es zu einem Druckausgleich. Beide Schleusentore werden dann durch Elektromotore geöffnet. Um ein Verschmutzen der Dichtungen zu vermeiden, sind zwischen Fahrzeuginnerem und Fahrzeugdeckel, sowie zwischen Außenschleuse und Außenbereich, je ein weiteres Tor angebracht. Sie haben nur die Aufgabe Schmutz und Feuchtigkeit von den Dichtungen der beiden Hauptschleusentore fernzuhalten. Es schiebt sich dann ein Rahmen, vorne durch ein automatisch zu betätigendes Tor abgeschlossen, durch die entstandene Öffnung gegen das innere Fahrzeugtor. Aufblasbare Dichtungen trennen die Schnittstelle Fahrzeug-Außenbereich von äußeren Einflüssen ab. Die beiden Schutz Tore öffnen sich und das Fahrzeuginnere kann betreten werden. Beim Gütertransport kann eine sich auf Schienen bewegliche Plattform, bestückt mit über Elektromotoren angetriebenen Rollen, den Be- oder Entladevorgang durchführen. Der Container rollt dann durch das offene Schleusentor auf die Plattform und wird anschließend bis zum Weitertransport mit einem LKW zwischengelagert. Beim Personenverkehr kann über eine kurze bewegliche Rampe der Zugang ins Innere des Fahrzeugs erfolgen. Nach dem Be- oder Entladen verläuft die ganze Operation rückwärts. Die beiden Schutz Tore schließen sich. Die Plattform oder die bewegliche Rampe wird entfernt. Der Rahmen bewegt sich zurück und die beiden Schleusentore werden geschlossen. Eine Vakuumpumpe evakuiert den Zwischenraum bis auf einen definierten Druck. Der Meßvorgang wird kurzzeitig unterbrochen. Melden Meßinstrumente im Zwischenraum einen Druckanstieg, wird das Abdockmanöver unterbrochen. Ansonsten wird die Haltevorrichtung gelöst und das Abdockmanöver ist beendet. Das Fahrzeug kann seine Fahrt beginnen. Bei dieser Vorgehensweise kann das An- und Abdocken jederzeit kontrolliert und sicher beherrscht werden. Bei richtiger Konstruktion der Dichtungen und der Tore beschränken sich die Wartungsarbeiten auf das gelegentliche Auswechseln von Dichtungsmaterial. Durch das minimale Eindringen von Luft bei jedem Andock- und Abdockmanöver sind die dabei auftretenden Kosten der Evakuierung zu vernachlässigen. Bild 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Schnittstelle Fahrzeug-Fahrweg.

### 3. Röhrenaufbau

Bedingt durch die Druckreduzierung innerhalb der Röhren kann überwiegend ein einfacher Röhrenfahrwegsaufbau erfolgen. Es ist möglich die Röhre quasi um das Fahrzeug zu schmiegen. Dadurch reduziert sich der Querschnitt des Röhrenfahrwegs soweit, daß die Röhren zum überwiegenden Teil aus in Fabriken hergestellten Einzelteilen bestehen können, die erst auf der Baustelle zusammengesetzt werden. So kann man beispielsweise den Röhrenfahrweg aus Halbschalen, die jeweils mehrere Meter lang sind, herstellen. Sehr vereinfacht dargestellt wird ein Graben von etwa zehn Meter Tiefe und sechs Meter Breite ausgehoben. Am Boden wird ein zirka fünf Meter breites Betonfundament gegossen. Durch die geringen Abmessungen des Röhrenquerschnitts ist es möglich, die unteren und oberen Halbschalen der Röhre mit Schwerlasttransportern zur Baustelle zu transportieren. Mit Hilfe von Schwerlastkränen werden zuerst die unteren Halbschalen auf das Betonfundament gesetzt. Die einzelnen Halbschalen werden

dabei jeweils durch Dichtungsmaterial miteinander verbunden. Alles was nicht in der Fabrik eingebaut werden kann, wird anschließend in der nach oben offenen unteren Halbschale installiert. Nach Beendigung der Arbeit wird Dichtungsmaterial aufgetragen und die obere Halbschale aufgesetzt. In bestimmten Abständen, bedingt durch noch festzulegende Sicherheitsnormen, befinden sich vorgefertigte normierte Notausgänge und Sicherheitsschleusentore. Die Schleusentore haben die Aufgabe, den gesamten evakuierten Bereich in Segmente einzuteilen und, wenn nötig, luftdicht abzuschließen. Hinzu kommt noch pro Segment ein Vakuumpumpenschluß sowie durch die Realisierungsbedingungen festzulegende Teile. Ist ein Segment fertiggestellt, wird das Vakuumpumpensystem installiert und das Teilstück evakuiert. Die einzelnen Röhrenteile sind nach erfolgter Druckreduzierung ohne Zerstörung oder Belüftung der Anlage nicht mehr voneinander zu trennen. Eventuell auftretende Lecks können sofort beseitigt werden. Der Graben wird zugeschüttet und das nächste Segment wird gebaut. Um ein Befahren des Röhrenfahrweges auch im belüfteten Zustand mit Rädern oder Kufen zu ermöglichen, sollten mindestens die unteren Halbschalen miteinander verbunden werden. Das kann z. B. durch Verschrauben der Einzelteile erfolgen. In Bild 1 wird ein möglicher Querschnitt mit Dichtung eines Röhrenfahrwegs dargestellt.

### 4. Weichen

Bedingt durch die einseitige Spaltführung des Fahrzeugs kann eine sehr einfache starre Weichenkonstruktion durchgeführt werden. Weichen sind hier einfache Gabelungen des Röhrenfahrwegs für die Auf- und Abfahrt mit den oben beschriebenen Installationen für die einseitige Spaltführung.

### 5. Terminals für Personen- und Güterabfertigung

Es gibt nun zwei brauchbare Möglichkeiten, optimale Bedingungen für eine effektive Abfertigung von Personen und Gütern in einem Abfertigungsterminal herzustellen. Bei der einen Anwendungsform handelt es sich um eine seitlich verschiebbar angebrachte Brückenweiche, und bei dem anderen Fall handelt es sich um eine Drehbrückenweiche. Beide Weichenformen bilden den Mittelpunkt eines Terminals. Die Brückensysteme ermöglichen entweder das seitliche Verschieben oder das Drehen von Einzelfahrzeugen in eine beliebige Richtung. Für den Grundaufbau eines Terminals wird ein Fahrweg benötigt, der in dem Brückenraum mündet, und ein Fahrweg, der aus dem Brückenraum hinausführt. Angeschlossen an eine Brückenweiche sind mehrere Schnittstellen Fahrzeug-Außenraum mit ihren jeweiligen Schutzschleusentoren, so wie sie oben beschrieben worden sind. Je ein Schleusentor wird noch vor und hinter dem Terminal installiert. Sie ermöglichen eine Wartung des gesamten Brückenbereiches. Man kann die jeweilige(n) Zufahrts- und die Abfahrtsröhre(n) direkt durch die Brückenweiche miteinander verbinden. Die Brücke wird dadurch in Durchlaßrichtung geschaltet. Fahrzeuge können dann ohne Aufenthalt den Brückenraum durchqueren. Ein elektronisch gesteuertes zentrales Vakuumpumpensystem evakuiert die Schnittstelle Fahrzeug-Außenraum und das gesamte Röhrensystem. Die Aufgabe des Terminals beinhaltet also auch das normale Aufrechterhalten des Vakuums im Gesamtsystem. Die Bewegung der Fahrzeuge, hin zur Außen-

schleuse und von ihnen weg, erfolgt über eine Kombination von Langstator- und Kurzstatorlinearmotor oder über andere Antriebsmittel. Stehen mehrere Fahrzeuge vor der Brückenweiche, so kann die Bewegung des Fahrzeugs vor der Brückenweiche durch den eigenen Linearmotor erfolgen, sonst durch den Langstator. Auf, vor und hinter der Brücke und im Außenschleusenbereich übernimmt die Terminalelektronik die Fahrzeugsteuerung. Der ganze Prozeßablauf ist vollautomatisch ausgelegt und wird ausschließlich über Rechner gesteuert. Sämtliche Einzelabläufe sind einfach zu strukturieren. Dadurch ergeben sich keine komplizierten Programmabläufe. Über die Schaltung der Brücke in Durchlaßrichtung können im Bedarfsfall mehrere Terminals auf einem Fahrweg hintereinandergeschaltet werden. Ist eine Region nur dünn besiedelt oder sprechen Optimierungsgründe dafür, kann leicht ein beliebiges Mischungsverhältnis zwischen Personen- und Güterverkehr an einem Terminal vorgenommen werden. Das Verhältnis zwischen den beiden Beförderungsarten kann je nach Markterfordernissen sehr leicht geändert werden. Bild 3 zeigt einen prinzipiellen Aufbau eines Terminals mit gerader verschiebbarer Brückenweiche für den kombinierten Personen- und Gütertransport. Bild 4 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Terminals mit einer Drehbrückenweiche für den Personenverkehr.

#### 6. Strategie zur Optimierung des Fahrwegs und der Fahrzeugbewegung zwischen beliebig vielen Terminals unter besonderer Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten

Es gibt nun die Möglichkeit der Einzelfahrzeugsteuerung. Unter besonderer Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten scheidet diese individuelle Einzelfahrzeugsteuerung aber aus. Sie wäre viel zu aufwendig und zu störanfällig.

##### 6.1 Bedingungen um einen optimalen Fahrzeugdurchfluß zu erhalten

Um einen optimalen Durchfluß der Fahrzeuge zwischen zwei Terminals bei beliebig vielen angeschlossenen Terminals zu erreichen, müssen folgende Bedingungen bei der Fahrwegskonstruktion, die aus einem einspurigen druckreduzierten Fahrweg und eine Abzweigung mit einseitiger Spaltregelung als Grundelementen besteht, eingehalten werden.

- 1) Es existiert mindestens eine Geschwindigkeitsebene, die über Beschleunigungsstrecken erreicht und über Abbremsstrecken verlassen wird.
- 2) Die Auffahrt zu einer höheren oder niedrigeren Geschwindigkeitsebene erfolgt immer so, daß an einer Auffahrt zu einer Geschwindigkeitsebene sich die auffahrenden Fahrzeuge und gleichzeitig die auf der Geschwindigkeitsebene fahrenden Fahrzeuge unter genau festzulegenden Bedingungen begegnen.
- 3) Es muß eine zentrale oder dezentrale Überwachung der Auffahrten zu den jeweiligen Geschwindigkeitsebenen stattfinden, die vermeidet, daß durch die Überlagerung von Fahrzeugbewegungen eine Singularität an den Knotenpunkten, das heißt, eine Überlastung des Fahrwegs durch zu viele Fahrzeuge entsteht.

#### 6.1.1 Realisierung der Bedingungen

Am besten kann man mit der Auffahrt der Fahrzeuge von zwei hintereinandergeschalteten Terminals auf die erste Geschwindigkeitsebene beginnen, und dann Schritt für Schritt die Fahrwegssteuerung beschreiben. Terminal 1 ist für den Personenverkehr gedacht, und Terminal 2 dient dem Gütertransport. Die Beschreibung gilt äquivalent für eine beliebige Kombination von Terminals.

##### 6.1.1.1 Trennung von Personen- und Güterverkehr und Auffahrt auf eine Geschwindigkeitsebene

Aus Sicherheitsüberlegungen werden die Fahrzeuge in den Terminals so abgefertigt, daß sich auf der Beschleunigungsstrecke hinter dem letzten Terminal immer die Personenfahrzeuge vor den Güterfahrzeugen während einer Beschleunigungsphase befinden. Die Fahrzeuge werden dort beschleunigt. Gleichzeitig wird der zeitliche Verlauf des Ortes und die Länge des sich der Auffahrt auf der ersten Geschwindigkeitsebene nähernden Zugverbandes durch Sensorsysteme festgestellt. Der Zugverband besteht aus in Grenzen beliebig vielen Einzelfahrzeugen, die sich zu einem Zug elektronisch und räumlich verbunden haben. Auch hier befinden sich die Personenfahrzeuge aus Sicherheitsgründen vorne, und die Güterfahrzeuge hinten. Diese Reihenfolge ergibt sich aus den Beschickungsregeln der Beschleunigungsstrecken. Die auffahrenden Fahrzeuge werden nun auf der Beschleunigungsstrecke räumlich in Personen- und Güterfahrzeuge getrennt. Hierbei hängt die Beschleunigungsstrecke in einfacher Weise von der maximalen Länge des ankommenden Zugverbandes ab. Die Trennung kann über eine Kombination von Langstator- und Kurzstatorantrieb erfolgen. Werden z. B. einzeln angesteuerte fahrwegsseitige Langstatorwicklungen von geringer Länge benutzt, so ist die getrennte Beschleunigung der Fahrzeuge kein Problem. Die beschleunigten Personen- und Güterfahrzeuge schieben sich jeweils zusammen. Diese Fahrzeugverbände werden unterschiedlich beschleunigt und erreichen die Auffahrt zu der Geschwindigkeitsebene (Bild 5a) so, daß sich die mit Personen besetzten Fahrzeuge an die Spitze des ankommenden Zuges setzen und die Güterfahrzeuge von hinten aufschließen (Bild 5b). Dieses Zusammenfügen zu einem Zugverband erfolgt elektronisch gesteuert und mit den anderen Fahrzeugen abgeglichen durch den bordeigenen Kurzstatorlinearantrieb (Bild 5c).

##### 6.1.1.2 Das Verlassen des Zugverbandes

Nähert sich der Zugverband einer Abfahrt, so werden die abfahrenden Fahrzeuge vom übrigen Zugverband durch das Auseinanderrücken der anderen Fahrzeuge räumlich getrennt (Bild 5d). Die Fahrzeuge verlassen den Verband (Bild 5e) in der Abzweigung und der Restverband schiebt sich durch den Kurzstatorantrieb der Fahrzeuge wieder zu einem Zugverband zusammen (Bild 5c). Die abfahrenden Fahrzeuge werden entweder auf eine höhere Geschwindigkeitsebene über Langstatorlinearmotoren beschleunigt und differenzieren sich dabei räumlich wieder, oder das bordeigene Linearmotorsystem kann zum Abbremsen im generatorischen Betrieb eingesetzt, um die nächstniedrige Geschwindigkeitsstufe zu erreichen. Das Aufladen der Batterien für den bordeigenen Antrieb und für die bordeigene Versorgung erfolgt dann auf den Beschleunigungsstrecken.

den Abbremsstrecken und auf benötigten speziellen Langstatorstreckenabschnitten lineargeneratorisch. Ein zusätzliches Aufladen kann beim Be- und Entladen der Fahrzeuge im Terminal erfolgen. Die Geschwindigkeitsebenen werden je nach Fahrziel ausgewählt. Auch hier ist das Rangieren der Einzelfahrzeuge im Zugverband vom Prinzip her simpel zu realisieren, da externe Einflußgrößen vollständig wegfallen.

#### 6.1.1.3 Ankunft an einem Terminal

Der Fahrweg zu beliebigen Terminals sollte so optimiert werden, daß zwischen jedem beliebigen Abfahrts- und Ankunftsort nur ein Hochschleusen auf maximale Geschwindigkeit und anschließend ein Herunterschleusen bis zum Zielterminal erfolgt. Dadurch wird der Energieverbrauch weiter gesenkt, weil keine zwischenzeitlichen Bremsverluste auftreten. Im Bild 6 habe ich einen prinzipiellen Vergleich der Streckengeschwindigkeitsprofile zwischen einer Bahnfahrt und dieser Fahrweise zwischen zwei Orten aufgezeichnet. Das Fahrzeug erreicht über die letzte Abzweigung das Zielterminal und stoppt vor der Brückenweiche bis zur Abfertigung. Elektronisch gesteuert gelangt es zur Außenschleuse.

#### 6.1.1.4 Singularität im Fahrbetrieb

Bei diesem Betrieb des Röhrensystems kann es zu einer Überlagerung von verschiedenen Fahrzeugbewegungen an Knotenpunkten einer Strecke des Fahrweges kommen. Dieses Phänomen ist bekannt in der Seefahrt — Riesenwellen, die sich aus einer Überlagerung verschiedener Wellenzüge zusammensetzen — und auf Autobahnen, wo bedingt durch dichten Verkehr, verstärktes Auffahren und Bremsmanöver, Dichteschwankungen auftreten. Die Überlagerung von Dichteschwankungen führen dann zu einem Stau, ohne daß ein Unfall vorliegt. Die Lösung dieses Problems kann dezentral erfolgen, oder durch schiere Rechnerei aller Fahrzeugbewegungen zu jedem Zeitpunkt zentral. Bei der dezentralen Bewältigung ergibt ein einfaches Abgleichen der Zugverbandslänge und der Länge der zufahrtswilligen Fahrzeuge die Möglichkeit, ab einer bestimmten Obergrenze die Zufahrt aller oder nur einiger Fahrzeuge zu verhindern. Das System reagiert dann elastisch auf diese Art von Störung. Durch eine differenzierte Zufahrtsregelung können dann fast immer Personenfahrzeuge, die sich vorne auf der Beschleunigungs- oder Abbremsstrecke befinden, den normalen Weg nehmen und dadurch pünktlich ihr Ziel erreichen. Hat man bei dem Gütertransport kurze Zeitpuffer eingebaut, so werden die Gütertransporte auf dem kürzesten Umweg an den Bestimmungsort gelangen.

#### 6.2 Transportkapazität des Systems

Nimmt man auf einer Geschwindigkeitsebene eine willkürliche Taktrate von drei Minuten zwischen zwei Zugverbänden an, — die Taktrate sollte nicht zu groß sein, da sonst die Zugverbände zu lang werden. Sie darf aber auch nicht zu klein sein, da sonst der Abstand zwischen zwei Zugverbänden zu gering werden könnte, — eine Geschwindigkeit des Zugverbandes von 600 km/h, eine Bremsverzögerung von 1,5 m/s<sup>2</sup> und eine Fahrzeuginlänge von zwanzig Meter, so ergibt eine einfache Rechnung eine maximale Fahrzeuganzahl pro Zugverband von über tausend Fahrzeugen. Das sind

zwanzigtausend Fahrzeuge pro Stunde für diesen einen Röhrenfahrweg. Um Sicherheitsanforderungen einzuhalten, sollte die maximale Länge eines Zugverbandes nicht größer sein als die Hälfte des Abstandes zweier Zugverbände des nächstniedrigen Geschwindigkeitsniveaus, abzüglich des Bremswegs bei der jeweiligen Geschwindigkeit. Bei Streckenstörungen können dann bei Umleitung eines Zuges auf die andere Geschwindigkeitsebene zwei Zugverbände hintereinander fahren. Bei der Geschwindigkeitsstufe 600 km/h und 300 km/h ergibt sich dann eine maximale Zuglänge von über dreihundert Fahrzeugen alle drei Minuten. Das sind 6000 Fahrzeuge oder 300 000 Passagiere im Normalbetrieb pro Stunde auf einem Röhrenfahrweg. Bei Geschwindigkeiten weit jenseits von 1000 km/h ist diese Anordnung nicht mehr praktikabel. Der Bremsweg wird dann zu lang. Es bietet sich dann an, eine dritte Spur zwischen zwei Fahrwegen entgegengesetzter Richtung zu installieren. In regelmäßigen Abständen gibt es dann Abzweigungen von den Normalspuren in die dazwischenliegende Röhre. Kommt es zu einer Störung, wird der Zugverband in die Röhre umgeleitet. Es erfolgt so keine Unterbrechung des Betriebsablaufs. Voraussetzung dafür sind schnell ansprechende Schutzschleusentore.

#### 7. Anpassungsmöglichkeiten des Systems auf Nachfrageschwankungen

Um eine gleichmäßigere Auslastung des Systems zu erreichen, kann durch eine Differenzierung der Gütertransportkosten eine Verlagerung von Gütern in die Nachtstunden erreicht werden. Parkröhren, in Terminals anstelle von Außenschleusen verlegt, ermöglichen den schnellen Einsatz von zusätzlichen Fahrzeugen. Dort werden Fahrzeuge abgestellt, die nach Marktbeobachtungen in Zeiten großer Nachfrage gebraucht werden, sonst aber nicht benutzt werden. Benötigt man bei dieser Variante einen speziellen Fahrzeugtyp, fahren die in der Parkröhre stehenden Fahrzeuge über die Brücke. Das nachgefragte Fahrzeug wird aussortiert und über die in den Verkehr gebracht. Man erhält so die Möglichkeit einer sehr flexiblen Marktanpassung. Kurzzeitige Auslastungsschwankungen des Systems können zudem leicht durch eine Verlagerung des Transportaufkommens auf höhere oder niedrigere Geschwindigkeitsebenen erfolgen. Dadurch verkürzt oder verlängert sich die durchschnittliche Umlaufzeit der Fahrzeuge und damit erhöht oder verringert sich die gesamte Transportkapazität des Systems. Zusammen mit den oben beschriebenen Möglichkeiten ergäbe sich eine sehr effektive Nutzung des Fahrzeugbestandes.

#### 8. Energieversorgung des Systems

Bedingt durch die Druckreduzierung kann die Energieversorgung der Fahrzeuge in den Röhren auf den Beschleunigungsstrecken und teilweise auf bestimmten Abschnitten des Fahrzeugs dezentral erfolgen. Eine Überlastung des Energiesystems kann unter diesen Umständen nicht auftreten, da pro Beschleunigungsstrecke jeweils nur relativ wenige Fahrzeuge beschleunigt werden. Außerdem hat man noch in Extremfällen die Möglichkeit die Beschleunigungsstrecke zu verlängern. Bei einer Überlastung einer Beschleunigungsstrecke kann eine Beschränkung der Zufahrt zu einer höheren Geschwindigkeitsebene erfolgen. Es ist das selbe Prinzip, wie ich es schon oben beschrieben habe. Eine Anzahl

von Fahrzeugen verbleibt dann auf einer niedrigeren Geschwindigkeitsstufe. Das gesamte Energieversorgungsnetz des Systems kann somit sehr gering dimensioniert werden, da auch der Energieverbrauch der Fahrzeuge in der Nähe des theoretischen Minimums liegt.

### 9. Systemsteuerung

Die Systemsteuerung ist eine Mischung zwischen zentraler und dezentraler Aufgabenverteilung. Die gesamte Prozeßsteuerung setzt sich aus einfachen und überschaubaren Einzelprozeßabläufen zusammen, die sich nicht gegenseitig überlagern und unter quasi Laborbedingungen stattfinden. Die Komplexität des Systems wird nur durch die speziellen, am realen System zu definierenden Markt- und Sicherheitsanforderungen erhöht. Es müssen dabei Reaktionsschemata in das System integriert werden, die ein optimales Verhalten des Systems auf etwaige Fehlfunktionen und äußere Einwirkungen zuläßt.

### 10. Sicherheitsaspekte

Das Gesamtsystem ist weitaus einfacher und sicherer aufgebaut als entsprechende existierende Systeme. Betrachtet man Schwebefahrzeuge, so fällt auf, daß sie aus viel weniger Teilen bestehen als Flugzeuge und Hochgeschwindigkeitseisenbahnen. Die Schweb-, Antriebs- und Führungsfunktionen übernehmen hier elektronisch angesteuerte Magnetfelder. Sie weisen dazu noch eine sehr hohe Redundanz auf. Es erfolgt dabei keine Punktbelastung des Fahrwegs, sondern eine Flächenbelastung des Röhrenfundaments. Alle für den Fahrbetrieb relevanten Parameter auf der Strecke sind Konstanten, bedingt durch die Abwesenheit von äußeren Einflüssen. Die Sensorsysteme arbeiten in den druckreduzierten Röhren quasi unter Laborbedingungen. Eine nennenswerte Veränderung der beteiligten Parameter findet durch die konservierende Wirkung des Vakuums nicht statt. Teilt man das Röhrensystem in einzelne Sektionen auf, die im Bedarfsfall durch schnell ansprechende Schleusentore abgetrennt werden können, kann das Gesamtsystem wirkungsvoll geschützt werden. Es ist eine politische Frage, wieviel Knoten des Gesamtsystems ausfallen dürfen, ehe das Gesamtsystem ausfällt. Je größer das System ist, um so sicherer verhält es sich gegen äußere Störungen. Hinsichtlich der Beförderung von Personen und Gütern sind zwei Entwicklungen wichtig. Auf der einen Seite findet eine zunehmende Miniaturisierung von Sensorsystemen statt. Das führt, wie bei der Chipherstellung, zu deren Verbilligung und gleichzeitigen Leistungssteigerung. In Verbindung mit zu entwickelnden KI-Systemen und speziellen Sicherheitsmaßnahmen ermöglichen sie eine optimale Reaktion des Gesamtsystems auf eventuell auftretende Probleme.

Die Sicherheitsmaßnahmen eines Gütertransportes könnten in folgender Art und Weise durchgeführt werden. Der Transport müßte vor Beginn der Beladung eine Sicherheitsschleuse durchlaufen. Es findet hier eine zeitliche Konzentrationsüberprüfung statt. Zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten kontrollieren je ein Sensorsystem die Schadstoffkonzentration ausgewählter Stoffe in der Luft. Die zeitliche Differenz der Schadstoffkonzentrationen, abgeglichen mit vorgegebenen Grenzwerten, entscheidet darüber, ob der Transport durchgeführt werden kann oder nicht. Nach erfolgter Prüfung und Bewertung werden die beiden Sensorsysteme abge-

glichen und sind bereit für eine neue Prüfung. Im Fahrzeuginneren befindet sich ein Sensorsystem, das die Kontrolle während des Transports durchführen kann. Tritt eine zeitliche Konzentrationsüberschreitung auf, können abgestufte Maßnahmen durchgeführt werden. Beim Personentransport übernehmen KI-Systeme Kontrollfunktionen. Sicherheitsmaßnahmen aus der Luftfahrt, wie nicht brennbare Inneneinrichtungen etc. können übernommen werden. Ein Problem bei der elektrodynamischen Schwebetechnik ist die Vermeidung hoher magnetischer Streufelder im Fahrzeuginneren. Durch die Verwendung der einschiebbaren Personenmodule ist ein wirksamer Schutz der Reisenden gegen die starken Felder leicht möglich. Konstruktive Maßnahmen, wie das Einziehen eines Zwischenbodens und die Benutzung ferromagnetischer Materialien können so ohne eine Veränderung des Gesamtaufbaus erfolgen. An den Röhrenseiten können Sicherheitsschleusentore, die nach außen führen, an ausgewählten Stellen installiert werden. Kommt es zu einem sehr erheblichen Störfall, wird der Zug gestoppt. Die Sicherheitsschleusentore des betroffenen Segments schließen sich. Das Segment wird anschließend belüftet und beleuchtet. Die mit Personen besetzten Fahrzeuge bewegen sich mit dem borgelegenen Linearmotor zu einer Außenschleuse. Abzugseinrichtungen regulieren die Strömungsverhältnisse innerhalb der Röhre so, daß auftretende Gase von den Passagieren weggesaugt werden. Die Schleusentore der mit Personen besetzten Fahrzeuge öffnen sich und ein Durchgang zwischen allen mit Personen besetzten Fahrzeugen entsteht, durch den alle Passagiere die Fahrzeuge leicht verlassen können. Allgemein kann man sagen, daß Sicherheitsmaßnahmen und die Reparatur der Röhre unter den beschriebenen speziellen Bedingungen sehr leicht und schnell durchzuführen sind.

### 11. Quellen

1. ETR-Eisenbahntechnische Rundschau. Hestra-Verlag, Darmstadt
2. Tunnel. Internationale Fachzeitschrift für unterirdisches Bauen
3. TÜV Rheinland E. V. (Hrsg.): Internationales Symposium Forschung und neue Technologien im Verkehr Band 1 Schnellbahnsysteme: Magnetbahntechnologie (1988).

### Patentansprüche

1. Hochleistungstransportsystem, dadurch gekennzeichnet, daß es auf der Basis abstoßender und anziehender Reaktionskräfte in druckreduzierten Röhren besteht, und daß es aus den beschriebenen Einzelbausteinen, Fahrzeug, Röhrenfahrweg, Terminal mit Drehbrückenweiche, Terminal mit gerader verschiebbaren Brückenweiche(n), Abzweigweiche mit einseitiger Spaltregelung, Schnittstelle Fahrzeug-Außenraum, Sicherheitsschleusentore, einseitige Spaltregelung der Fahrzeuge und Beschickungsvorgang der einzelnen Geschwindigkeitsebenen mit Trennung von Personen und Gütertransport besteht.
2. Einseitige Spaltführung des Fahrzeugs nach Anspruch 1 auf der Basis abstoßender und anziehender Reaktionskräfte.
3. Sicherheitsführvorrichtung nach Anspruch 1, bestehend aus Führschiene am Fahrweg und im Weichenbereich und Führvorrichtung am Fahrzeug.

4. Schnittstelle Fahrzeug-Außenraum nach Anspruch 1, bestehend aus Fahrzeugschleusentor, Außenschleusentor, Rahmen mit integriertem Schutztor, Fahrzeugschutztor.
5. Beschickungsvorgang der einzelnen Geschwindigkeitsebenen nach Anspruch 1.
6. Variable Zugbildung bei hohen Geschwindigkeiten nach Anspruch 1 bis 3 und 5 durch das Rangieren mit dem Kurzstator.
7. Terminalaufbau mit Drehbrückenweiche nach Anspruch 1 und 4.
8. Terminalaufbau mit gerader verschiebbaren Brückenweiche(n) nach Anspruch 1 und 4.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



— Leerseite —

Bild 1  
Möglicher Aufbau eines Fahrzeugs mit einseitiger  
Spaltregelung

- 1 = Dichtung
- 2 = Führung (anziehendes Prinzip)
- 3 = Kurzstatorantrieb
- 4 = Führschiene mit Führstange
- 5 = Führen (abstoßendes Prinzip)
- 6 = Tragen
- 7 = Langstatorantrieb

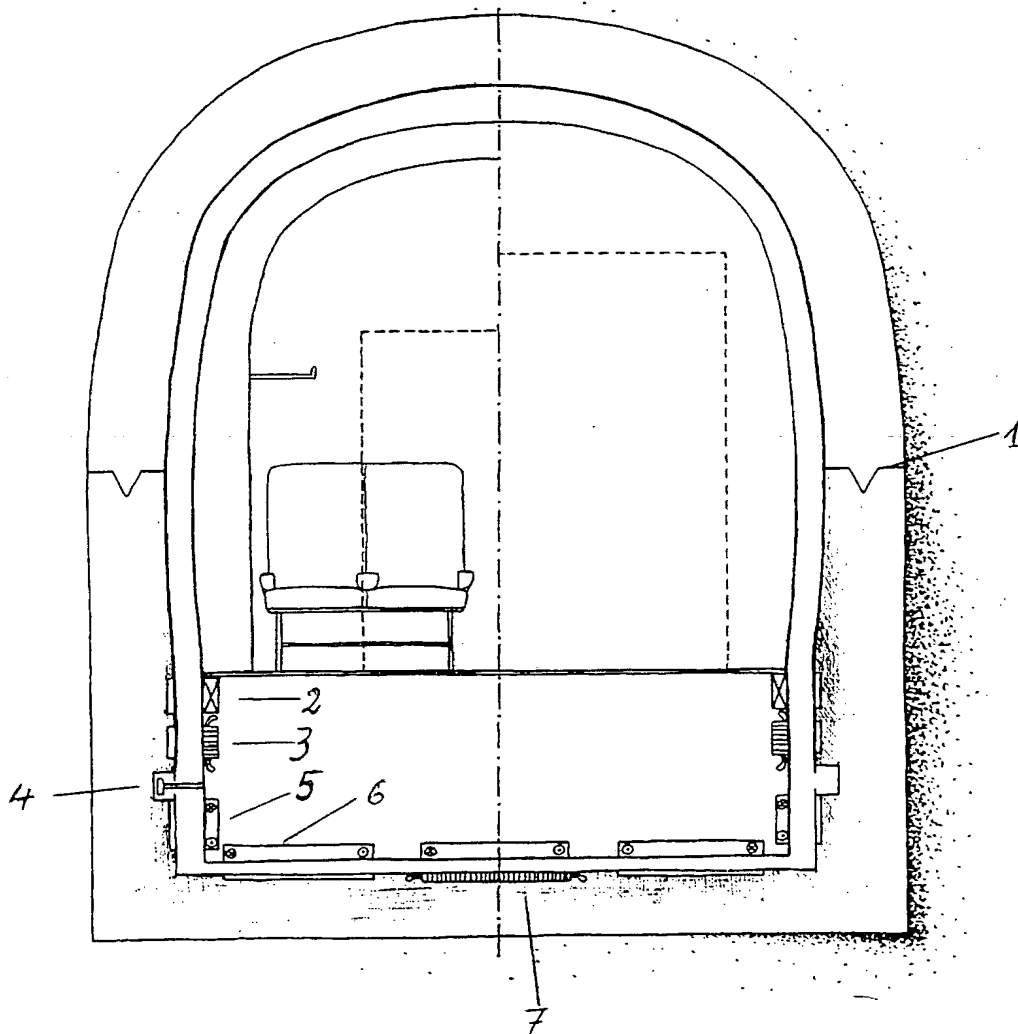
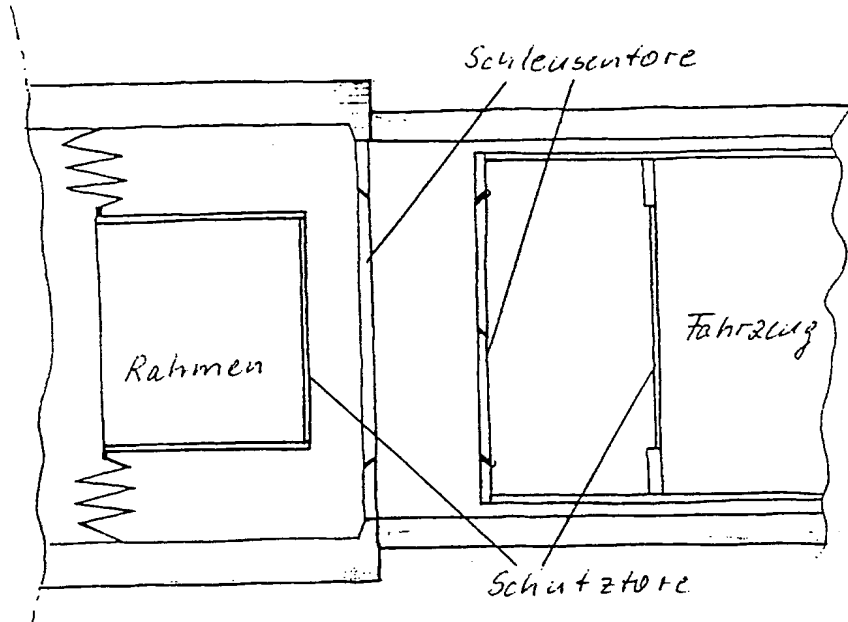




Bild 2  
Prinzipieller Aufbau der Schnittstelle Fahrzeug -  
Außenraum

a) vor dem Andockmanöver des Fahrzeugs



b) nach Öffnung beider Schleusentore

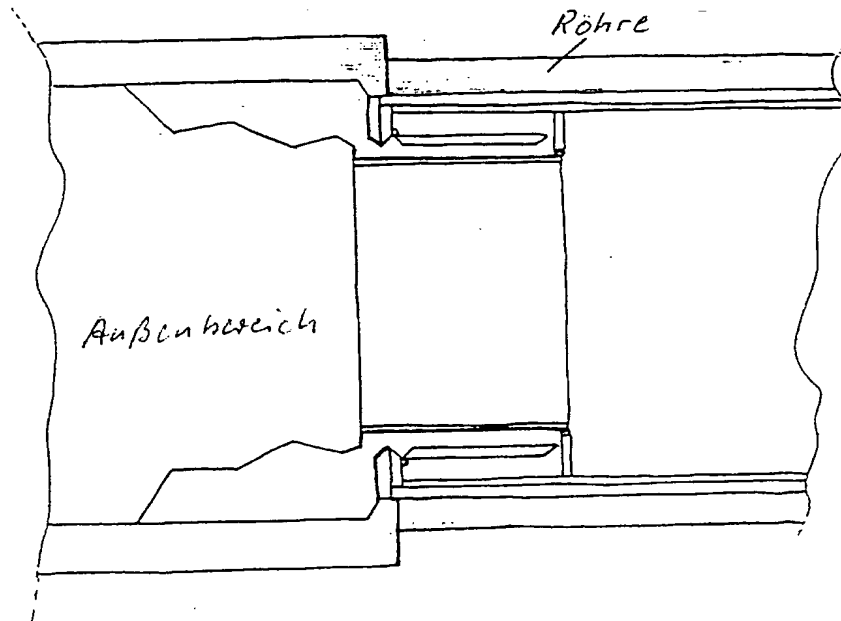


Bild 3  
Prinzipieller Aufbau eines Terminals mit gerader  
verschiebbarer Brückenweiche für den kombinierten  
Personen- und Gütertransport

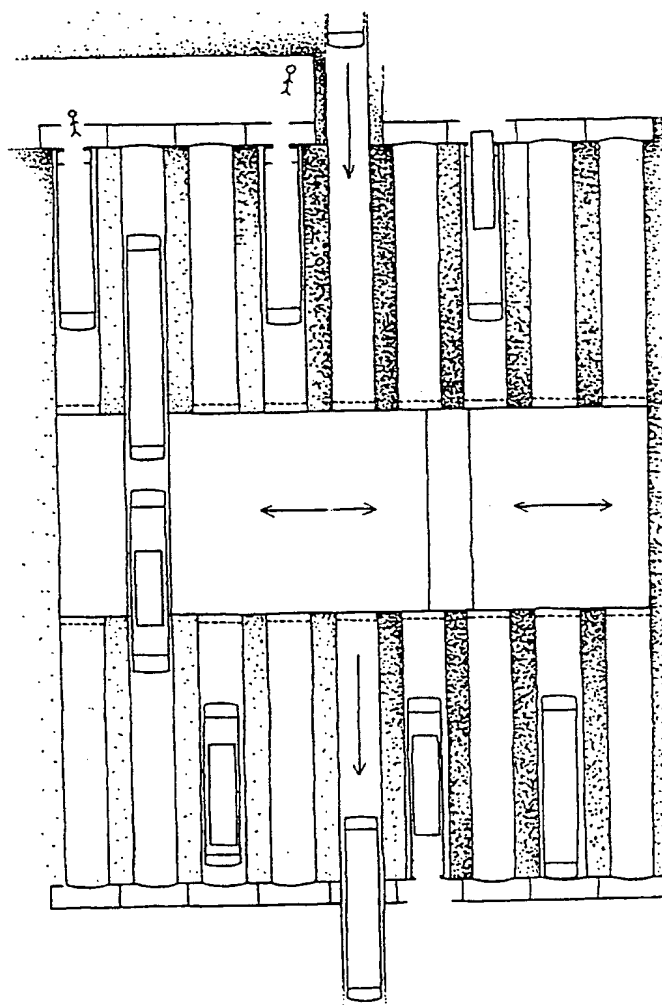


Bild 4

Prinzipieller Aufbau eines Terminals mit einer  
Drehbrückenweiche für den reinen Personenverkehr

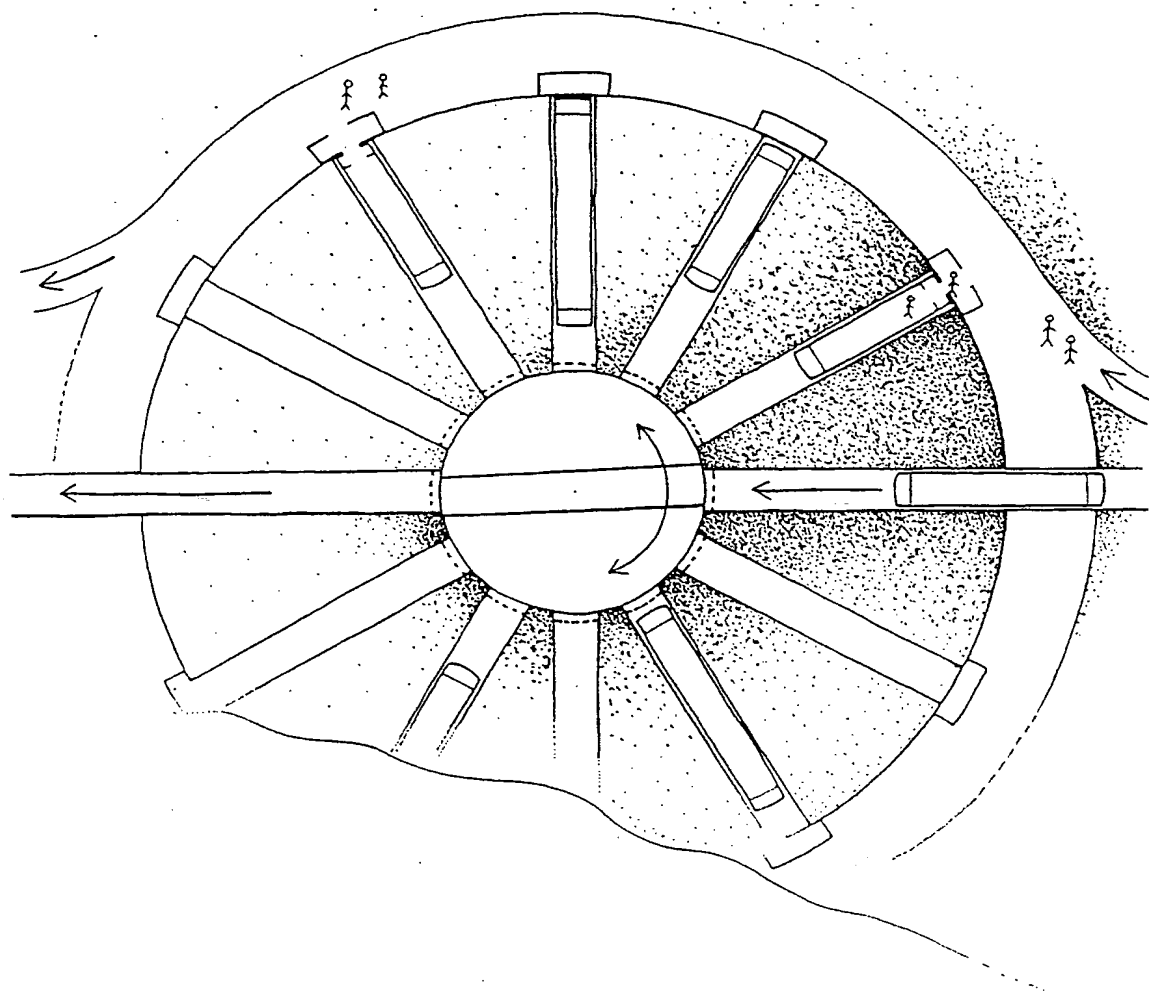


Bild 5  
Prinzipielle Darstellung des Auf- und Abfahrens an  
Abzweigungen des Fahrweges

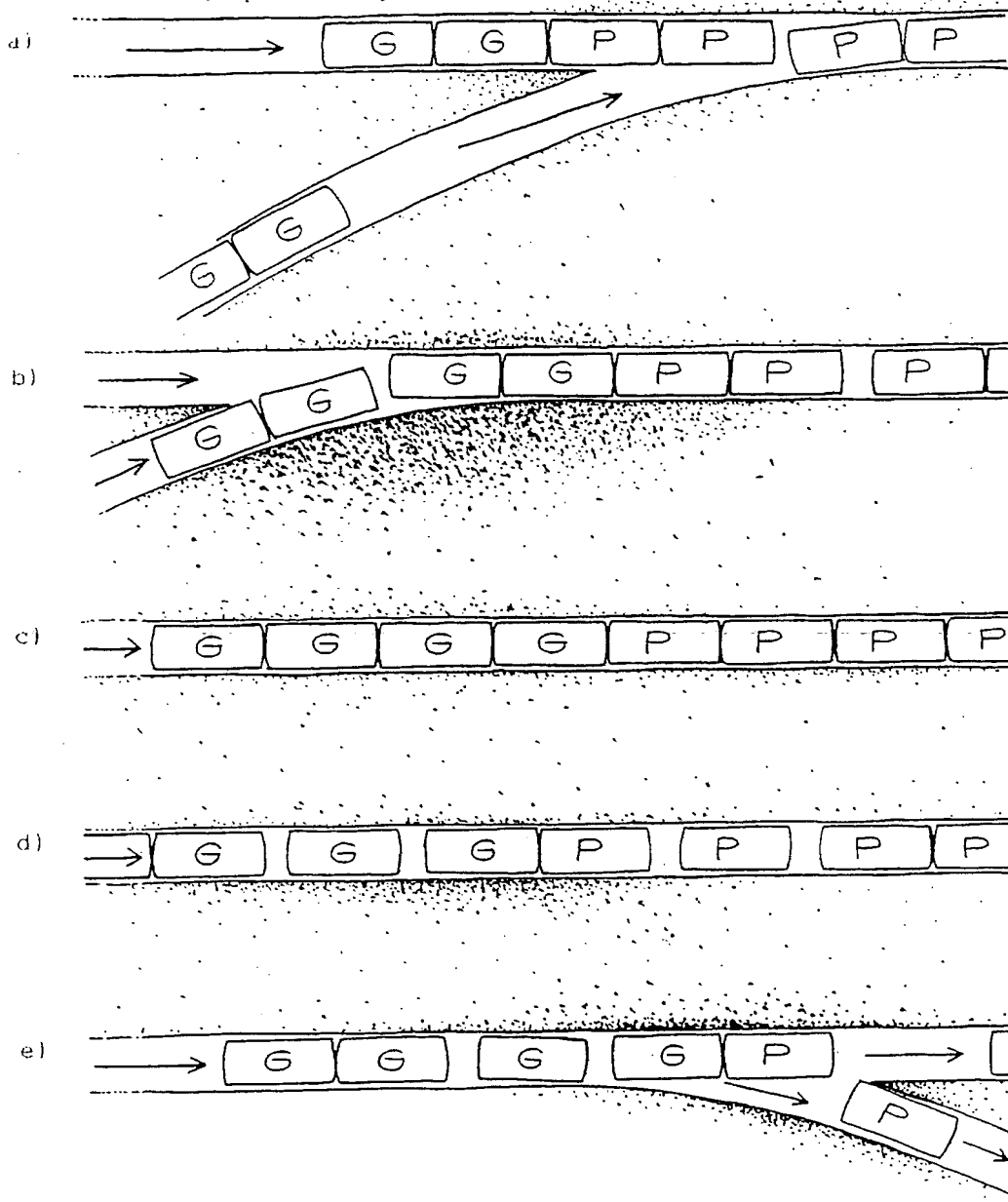
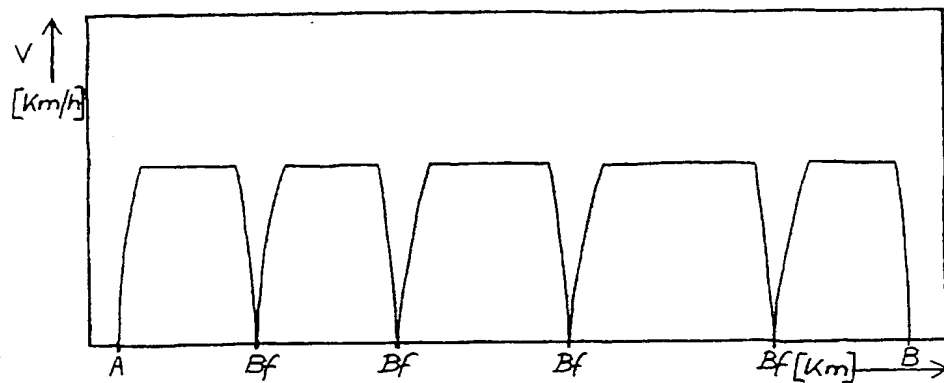
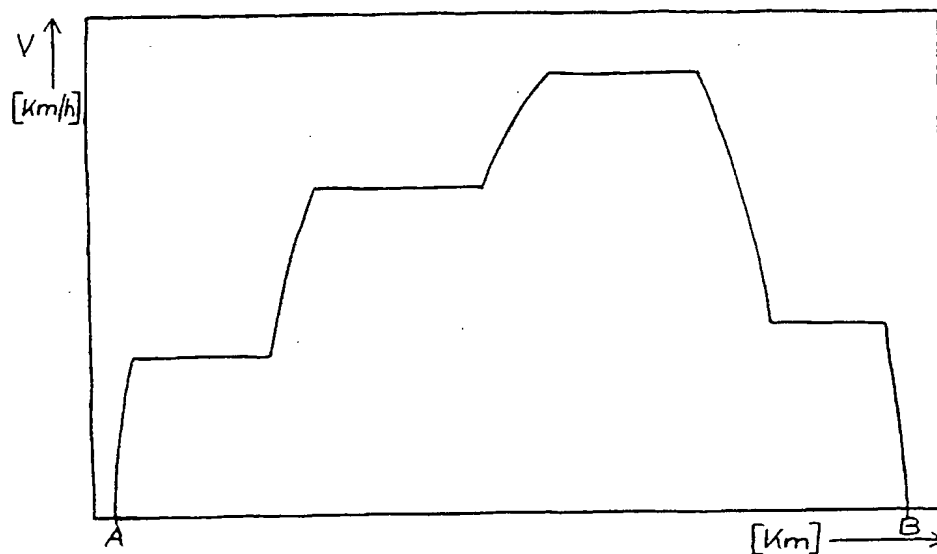


Bild 6  
Prinzipieller Vergleich der Streckengeschwindigkeitsprofile  
zwischen der Bahn und dem neuen Verkehrssystem

a) Bahn



b) neues Verkehrssystem





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**